

インタビュー

イノベーションを推進する根本的エンジニアリング

日本工学アカデミーには、社会のための工学という立場から、どのような科学技術政策が必要かを分析し、有効な政策提言を行なう政策委員会があります。その政策委員会のもとで、我が国が重視すべき科学技術のあり方に関する提言が行なわれました。この提言のためのタスクフォースの幹事の鈴木浩さんに本誌赤松幹之編集幹事がインタビューして、ここで提唱されている「根本的エンジニアリング」の考えをうかがい、シンセシオロジーとの関連について話し合いました。

シンセシオロジー編集委員会

鈴木 浩：ゼネラル・エレクトリック・インターナショナル・インク 技監

赤松 幹之：シンセシオロジー編集幹事 産業技術総合研究所

根本的エンジニアリングとはなにか

赤松 日本工学アカデミー政策委員会で「我が国が重視すべき科学技術のあり方に関する提言」として「根本的エンジニアリング」を提唱されておられます。提言を拝見しますと、「顕在化した課題に対する科学技術の適用にとどまらない、根源的なイノベーションを推し進める」とありますが、そもそも根本的エンジニアリングとはどのようなものでしょうか。

鈴木 アメリカにおいては、クラウド・コンピューティング、スマートグリッド、iPodやiPadなどがイノベーションとして登場しています。一方、日本はエンジニアリングがとても得意である、製品をつくるのがとてもうまい、ものづくりが巧みであると言われているのですが、日本からはイノベーションがあまり起きてこない。その原因が何なのかということをもう一度見直してみようということが動機です。

エンジニアリングにはいろいろな定義がありますが、「与えられた制約条件のもとで最適な答えを出す」というふうに捉えられることが多い。本当にそれでいいのかと疑問を持つようになり、制約条件自身を無視し、幅を狭めな

いで、オープンに見ることからスタートしたら全く違う答えが出てくるのではないかと、それがイノベーションにつながるのではないかと考えました。イノベーションを研究する中で、アメリカやEUなどによる科学技術分野の捉え方としての「Converging Technology」を調べてみよう。もし、それが日本にうまくフィットするようであれば、日本型のConverging Technologyを考えたらどうかというのがタスクフォース発足のきっかけです。

アメリカのConverging Technologyとは

赤松 Converging Technologyの研究から始まり、それでは足りないので「根本的エンジニアリング」という概念を出したということですね。

Converging Technologyについては、2002年に「Converging Technologies for Improving Human Performance (人間の能力改善のためのCTs)」(NSF、米国商務省)が発表されていますが、その後、欧州などによってさまざまな定義がされています。

鈴木 研究に至るプロセスとしては、将来の課題を見つ



赤松 幹之 氏 (左) と鈴木 浩 氏 (右)

け、それに対してどういう科学技術が必要なのかというところが両方ともスタートポイントになっています。ただ、最終的な提言書を見ると、アメリカの場合には NBIC (nano-bio-info-cogno) の四つの分野がこれから中核になってくるが、これらが単一の分野だけで社会的な課題解決ができるということではなくて、それらをうまく融合することが必要になるだろうと言っています。“Converging”とは“収束させる”という意味ですが、もともと NBIC という四つの分野はそれぞれ独立して存在しているのですが、元のものが残っていて、それらをうまくコンバインドするというのです。

赤松 要するに、一緒になって新しい分野ができるということではない、ということですね？

鈴木 新しい分野ができてもいいけれども、元の分野も残していくということです。

convergence ではなくて、なぜ、converging “ing” かというと、アメリカ人はダイナミックに動いていくというイメージを出したかったのではないのでしょうか。ヨーロッパや韓国では、“Convergence technology” と言っているケースもあります。この辺は国の特徴が出ているのかなという気がします。

日本のサッカーとかけて日本のイノベーションと解く

赤松 アメリカの Converging Technology というのは、“能力拡大”が一つのキーワードになっていて、技術ユートピア的な、未来を拓いていこうというところがあります。それに対して、欧州は、もう少し世の中の問題を把握しようという感じを受けます。

ただ、NBIC について、具体的な課題や、何を解決したいかということが具体的には見えてこない気がするのです。タスクフォースにおいて、CT では何が足りないという議論になったのでしょうか。

鈴木 議論をしているとき、実はサッカーの日本代表チームのことがチラッと頭をよぎったのです。技術はとても素晴らしい、パス回しもうまい、ボールの支配率も国際試合で 60 % くらいある、サイドチェンジもパスがうまくとおる。ところが、ゴール前に行くと、みんな、シュートしない。ですから、当然、点は入らない。よくてせいぜい引き分け。日本のサッカーが私達の今置かれているイノベーションの状況にとっても近いのではないかと思ったのです。一方、得点できる、勝っている国は、個々の技術はもちろん優れているのですが、チームとしてうまい技術があまりあるわけではない。しかし、ゴール前のシュート力というか、ここで決めなければいけないというときの集中力がとても素晴らしい。

そういうふうと考えていくと、イノベーションが継続して起きているアメリカでは、アメリカ人はわりと見えない課題を見つけるのがうまいので、答えを出すほうに問題点を見つけてそこを一生懸命やっているのではないかと。日本人はある制約条件のもとで課題を与えられると、それに対する答えの見つけ方はうまいけれども、制約や条件がなくて、「何かを考えなさい」といわれたときにはとても弱いのではないかと、ということです。見えている課題の背景にあるのは何なのだろうか、本当の課題は何なのだろうか、潜在的な課題は何なのだろうかというふうには、見えていない課題までうまくアプローチして、そこから解決策を見つけていかないと、得点はとれない。

欠けているのは、見えない課題、潜在的な課題をうまく見つけてきて、それをいかに科学技術で解決できるかということにつなげる、この辺がエンジニアリングとしての課題ではないかと思いついたわけです。

日本のエンジニアとアメリカのエンジニアでは発想が違う

赤松 今、アメリカ人は課題を見つけることが得意であり、日本人は条件下での課題解決能力が優れているというお話がありました。GE にはアメリカのエンジニアと日本のエンジニアがおられると思うのですが、違いは感じられますか。

鈴木 ものの発想の仕方の違いを感じます。日本の企業が何かビジネスをするとき、「うちはこのいうものを持っている。これをどうやってビジネスに結びつけようか」と考える。ところが、GE 流のやり方は、「GE としてこういうビジネスをやりたい」というのがまずあるわけです。そのときに、うちにあるものは何か、ないものは何か、それをどうするかということから、トップダウン的に物事がスタートします。日本の場合には、手に持っている技術をいかに新しい製品に結びつけていくかという、ボトムアップというか、それがとても強いです。

赤松 ボトムアップ型のアプローチは、よく言えば「強みを生かす」ということになるのですが、このやり方は、高度経済成長期における多角化の教科書的なやり方でしたね。これが、必ずしも GE の場合はそうではないということですね。

鈴木 ええ。私達は TAM (Total Available Market) という言い方をよく使います。例えば、GE は発電がとても強かったのですが、二、三十年前に送変電のネットワークビジネスをやめてしまった。ところが、世界では 80 兆円くらいの送変電のマーケットがあるので、送変電のビジネス

をもう一回やりましょうということになりました。GEに残っていた技術は、変圧器はあるけれども、遮断器や系統制御システムはない。では、ビジネスをするためにはどうしたらいいかということから考えるわけです。技術としてはほとんどないわけですから、ない部分をどうするか。自分たちで研究開発するのか、あるいはどこかを買収するのか、あるいはパートナーングをするのかというオプションになる。

日本の会社の場合は、変圧器の技術を持っていると、変圧器を中心にその周辺の製品をラインナップして電力でビジネスをしようと考える。このように全く違います。

赤松 ポトムアップ型ではないですね。企業経営としてのやり方がそういうスタイルだということだと思うのですが、「会社としてはこういう方針がある。これをやりたい」といったときに、日本とアメリカでは現場のエンジニア自身もそういう発想の違いみたいなものはあるのでしょうか。

鈴木 あると思います。原因はわかりませんが、教育もあるかもしれません。日本の小学校の算数は「 $5 + 7 = ?$ 」と聞く。ところが、アメリカでは「 $? + ? = 10$ 」というふうな前の2つの数字を埋めなさいという。 $5 + 7$ だったら、答えは12しかないでしょう。そういうふうな問題の与えられ方をされていて、それに慣れてしまっている、というような気がします。

私が例としてよく挙げるのは、日本のエアコンです。これは、とても効率が高い。インバータを使ったり、ヒートポンプを使ったりして、とても緻密な技術を使っている。また、ハイブリッド自動車についても、ガソリンの内燃機関と電池のモーターがうまくコンバインしている。ああいうことができてしまうので、そこで解決しようとしてしまう。

赤松 なるほど、日本の科学技術分野において、イノベーションのために欠けているものということで、根本的エンジニアリングが必要だということですね。



赤松 幹之 氏

鈴木 潜在的課題を見つけ、制約をはずして取り組むことを「根本的エンジニアリング」という名前にしました。他に候補として、ホロニックエンジニアリング、包括的エンジニアリング、生態学的エンジニアリング、トランスフォーマーエンジニアリング、あるいは日本型コンバージングテクノロジー等々あったのですが、既存のエンジニアリングのもう一つ上のレベル、形而上学的なメタのエンジニアリングとしてもう一度定義直そうということで、最終的には「根本的エンジニアリング」にしよう。“根本的”を英語にすると“radical”ですが、日本では“先鋭的”という意味になってしまうので、英語では“Meta engineering”という言い方をしています。

根本的エンジニアリングとは四つのプロセスをスパイラルに循環させること

赤松 根本的エンジニアリングでは課題を見つけるプロセスが大事だというお話がありました。

鈴木 スタートポイントだということです。今、四つのプロセスと言っているのですが、潜在的な課題、埋もれている課題を見つけ、それに対して必要な科学技術を見つける。既存の科学技術で解決できなければ、分野や技術を融合する、そして、最終的に課題への取り組みをうまくインプリメントする。その中でまた新しい課題を見つける……というふうな、四つのプロセスがグルグル回るというイメージを大事にしていきたいと思っています。

赤松 その「回る」ということなのですが、潜在的な課題を見出して、それに必要な技術を探して、統合して、実際に課題を解決する、そこで終わりになってもいいような気がするのですが、さらに新しい課題を見つけるというプロセスにもっていかなければいけないというふうな考えるのはなぜでしょうか。

鈴木 イノベーションは継続しないと意味がないということが一つあります。グルグル回りながら、サイクリックに社会自身が良くなっていく、あるいはイノベーションが継続的に起きていくという、そういうところに結びつけたいということです。

赤松 そういう意味では、フィードバック的な意味のサイクルというよりはスパイラル的な意味ですね。要するに、新しいものが導入されることによって、世の中が変わって、また別の潜在的な課題が出てくる。

一番難しいのは、潜在的な課題発見ということだと思います。

うのですが、何がキーポイントとなるのでしょうか。

潜在的な課題発見のポイント

鈴木 具体的な案はなかなか見つからないのですが、マーケティングで考えてみましょう。

ある営業マンがお客さんのところに行くと、お客さんが「ジュースを飲みたい」と言う。日本の会社ですと、高級なジューサーミキサーを買ってきて、フレッシュなフルーツを買って、ジュースをつくって持っていく。そうすると、お客さんは100%満足して、例えば10ドルで買ってくれる。しかし、原価は、ジューサーミキサーを買ったり、新鮮な果物を買っているので9ドルかかる。売上が10ドルで利益が1ドル。日本の会社だと、これでとても評価される。顧客満足度も100%です。

しかし、例えばGEが本当の課題に迫ろうとしたら、お客さんに「ジュースが欲しい」と言われると、「なぜジュースが欲しいのですか」と聞くわけです。お客さんが「喉が渴いているから」と答えると、水を持って売りにいく。そうすると、お客さんは喉の渇きは解決できます。あるお客さんは「コーラが欲しい」と言っているけれども、喉が渴いているのかもしれない。こうやって喉が渴いているお客さん10人に売れたとします。一杯を1ドルで売ったとして、売上は同じく10ドルです。しかし、水は原価が安いですから、例えば10杯の原価が5ドルだとすると利益は5ドルです。

このように、ビジネスのやり方が違いますが、日本では、「本当に何が必要なのか」というところを問うプロセスがどうも欠けているような気がするのです。私は、エンジニア自身もそういう意識を持って課題に対して取り組んでいく必要があるのではないかと考えているのです。日本人は、How

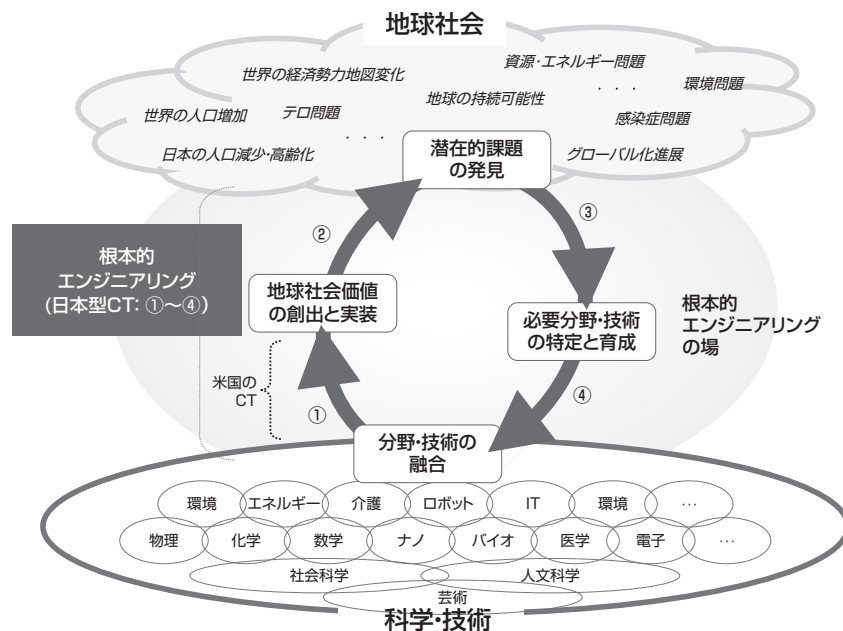
ばかりに目が行く。本屋でもハウツーものはよく売れています。けれど、その後ろにWhatがあって、本当に何が必要なのか、それがWhy、なぜ必要なのかというところまで探らないと、隠れている課題、潜在的な課題は出てこない。その辺は産総研がやっているシンセシオロジーにかなり近いのではないかと思います。

赤松 ジューズの例でいくと、Whatは、いわばジュースが欲しいと言っているレベルであって、どういうジュースをつくるかがHow。けれども、Whyは、なぜジュースが欲しいのか、喉が渴いているからか、ということまでいくということですね。

従来のエンジニアリングのあり方はWhatを与えてHowをつくるということですが、そうではなくて、そのWhatがなぜきているかということまで立ち戻って、Whyを考えましょうと。

鈴木 私達のタスクフォースでも引き続き議論をしているのですが、それには二つ大きなポイントがあるだろうと考えています。一つは、やはり教育です。教育の中でこういったことが実現できるような人をどうやって育てたらいいのかということと、もう一つは根本的エンジニアリング自身を研究してみる。事例研究も含めて、学問的に捉えられないかということで、今、その二つの線で追求していこうと思っています。

教育では、アメリカではディベートが必ず授業の中であり、土俵を変えたり、見方を変えてみたり、視点を変えながら議論が進んでいく。日本では、授業であまりディベートは好まれないですね。



赤松 いったん見方を切り換えて、何をなすべきかという議論をする。そういう訓練が日本では足りないのかなという気もします。

鈴木 先日、日本工学アカデミーとイギリスの王立工学アカデミーとで、町で人の写真を撮ってセキュリティ対策をするというシンポジウムがありました。日本からはテレビカメラでどうやってパターン認識をするかとか、どういう角度でカメラを置いたらいいかという議論が多いのですが、イギリスは、制度をどうするかと。個人の情報なので、それをどうやってプロテクトしながら国としてのセキュリティを生かしていくかという制度そのものにかかわる議論から入るのです。その辺がもの見方が少し違っているのかなという気がしました。

赤松 技術系の人間が制度のところまで口を出す習慣がない、というところがありますね。役割として、技術関係をやればいいのだと。

鈴木 そう、おっしゃるとおりです。そこでいいのだと思ってしまうのです。その枠をうまく取り払えるような教育ができると面白いですね。

赤松 視点の切り換えみたいなものが大事だと思うのですが、エンジニアも同じところにずっといると視点がどうしても固定化しがちです。GEではいろいろな技術があると思うのですが、違う部署に行くということはあるのでしょうか。

鈴木 GEでは、わりと人のモビリティが高くて、セールスをやっていた人がマーケティングに行くとか、私達は事業開発と言っているんですけども、アキュイジション（Acquisition）の担当になるとか、あるいはプロジェクトマネジメントをやるとか、いろいろな業種を経験して、その中で自分のエキスパートイズ（Expertise）を高めています。



鈴木 浩氏

18カ月あるポジションにいと、ほかに移る権利が発生するのです。

赤松 権利なのですか。この動くことを推進するようなインセンティブはあるのですか。

鈴木 人材募集をするサイトがあります。COS（キャリア機会システム）といって、どの国のどの身分の、どのような職種が人を求めているかが表示されています。容易に異動先情報が得られるようになっているのです。また、ポジションが変わるときに給料の仕組みが変わりますから、それは個人にとってとても大きなインセンティブです。能力のある人であれば、給料がそこで必ず上がりますので強い動機になります。もちろん、逆にポジションがなくなってしまうということもあります。

シンセシオロジーと根本的エンジニアリングの接点

赤松 根本的エンジニアリングによるイノベーションの推進を考えると、潜在的な課題発見が重要であり、そのためには視点の切り換えも大切だということですが、事例研究以外にどんなことが考えられるでしょうか。

鈴木 まだ具体的なアイデアはないのですが、イノベーションの成功事例を持ってくるといいのか、あるいは失敗した例をどこまで見つけられるかわかりませんが、なぜイノベーションに結びつかなかったのか。逆にいうと、日本はものづくりが得意で、いいものがいっぱいできているけれども、その限界は何かというところを調査できると面白いと思います。

What と How に戻るので、 “ものづくり” という “もの” と “つくり” の掛け算になっているでしょう。日本ではつくるほうばかり、How のほうに力を入れているのだけれども、本当は “もの” のほう、What が大事なのではないか。What と How があって、初めて “ものづくり” になっていると思うのです。

アメリカは、どういうものをつくるのかというところがとても強いので、つくり方が多少弱くてもそれはどこかにソーシングすればいい。たくさん作っているうちによいものができるようになる。結局、掛け算すると大きなイノベーションにつながってきます。

赤松 企業の中で、エンジニアにアイデアがあっても、それが製品化するプロセスにのらなったり、マネージャークラスの意思決定が既存型の製品だけにしかゴーサインを出さないなど、これまでの発想と違うものを製品化すること

に対して、ある種の判断力が足りないのではないかという気もします。そういう意味で、技術経営と根本的エンジニアリングは関係があるのでしょうか。

鈴木 かなり密接な関係があると思います。技術経営の経営とは、必ずしもビジネスの経営ではなくて、その技術をどのようにうまく使っていくかということでもあります。先ほど“ものづくり”は“*What*”と“*How*”の掛け算と言いましたが、“技術経営”も“技術”と“経営”の掛け算だと思っていますのです。技術だけ良くて経営が良くなかったらだめだし、逆に経営が良くて技術がないとだめなので、その辺のバランスをうまく掛け算として積み上げていくことが必要です。そこに根本的エンジニアリングはかなり大きなウエートを占めるのではないかと思います。

赤松 では、経営だけをやってきた人たちは根本的エンジニアリングをできるのでしょうか。シンセシオロジーでは、技術というか、研究の対象をよく知っているからこそ、初めて次の展開を考えられるのではないかとも思っています。これは研究者の能力として必要なことではないかと考えているのですが、根本的エンジニアリングは、そこはどうなのでしょう。

鈴木 私達は、むしろ技術のほうを中心に議論しているので、直接結びついているかどうかかわからないのですが、シンセシオロジーにレスターさんのインタビュー記事^{注)}がありましたよね。レスターとピオーレが「イノベーション、失われた次元」という本で言っているのは、「これからのイノベーションは分析的ではなくて解釈的に起きる」ということです。私達も今までわが国ではそういう視点が欠けていたのではないかという気がして、その意味で、エンジニアリングも単に分析のためのエンジニアリングではなく、それを拡張して解釈に結びつけていくことが大切だと思っています。当然、エンジニアリングでエクスペルタイズをもっている人はそれが得意だと思いますので、今のところは分析のことしかやっていないけれども、そのバックグラウンドをもっとうまく生かして、解釈的なプロセスに入っていけば、根本的エンジニアリングとつながってくるのかなという気はします。解釈の中にはシンセシオロジー的な考え方も当然入ってきますから、その辺の分析と合成みたいなものがうまく同じバックグラウンドの中で広がりをもってくと面白いイノベーションにつながると思います。

赤松 もう一つ、アメリカでは、かかわった人が本当にマーケットをつくらうということまですごく力を入れてやり

ますね。日本は、いい技術ができました、というところで終わってしまうことが多い。

これは想像なので間違っているかもしれないのですが、国からのファンディングを受けた時に、それが「技術開発につなげればいい」というふうに思っている企業の方が多いのではないのでしょうか。国は市場化するためにファンディングしているので、そこまで責任を持って、ファンディングを受けて欲しい、と思うことがあります。

鈴木 おっしゃるとおり。技術開発だけに枠をはめている。日本が目指すべきは全体体系をとらえて必要性を重視することだと思います。

赤松 シンセシオロジーの論文を見ていると、技術があるところまで必ず持っていこうという、研究者としての強い意思が不可欠な感じがします。

鈴木 そうですね。そういう意味では、この根本的エンジニアリングはグローバルに提言できるかなと思っているのです。日本はつくるところがとても得意ですから、強みは強みとして、これまで蓄積した経験を最大限に活用し、弱いところをうまく強化して、潜在的課題の発見から、必要な科学技術の特定と育成、そして分野・技術の融合から社会価値の創出、また潜在的課題の発見というように、スパイラルに回るプロセスに持っていけるといいと思います。

赤松 最終的なゴールは何か、それに対してこの技術をどのように使うのかということに常に立ち戻って考える、それも“しつこく”考えるという力がイノベーションを起こすのに必要なのだと思います。根本的エンジニアリングとシンセシオロジーの接点が見えたような気がします。興味深いお話をありがとうございました。

本インタビューは2010年5月13日、港区赤坂にあるGE Energyにおいて行われました。

注)リチャード・レスター、小林直人: インタビュー シンセシオロジーへの期待, *Synthesiology*, 1 (2), 139-143 (2008).

略歴

鈴木 浩 (すずき ひろし)

1946年12月25日、東京生まれ。1969年東京大学工学部電子工学科卒業。1974年東京大学大学院博士課程修了、三菱電機株式会社入社、中央研究所、電力系統技術部長、電力変電技術部長、電力システムエンジニアリングセンター長を経て、役員技監。2003年GEに転職、新規事業担当の技監。電気学会副会長、日本工学アカデミー理事、IEEEフェロー、技術経営日本支部長などを歴任。電気学会電気技術史技術委員会副委員長。専門分野はエネルギーシステム、技術経営。工学博士。